

CS3-9〔I〕 長大吊橋箱桁断面周りの流れの数値解析と流れの可視化

三井造船(株) 正員 平野廣和 山崎英之
本四公団 正員 大橋治一

1. はじめに 近年、中央径間長が1000mを越える長大吊橋に箱桁断面補剛桁の採用が検討され、実現に向けて数々の研究がなされている。この中で、耐風安定性の評価・検討について、多くの関心が寄せられている。ところで、箱桁断面の場合、基本的には流線型断面に属するため、剥離を生じることの少ない断面形状をまず選定することが、耐風安定性を検討する上での第一歩である。本報文では、検討段階において極力剥離を生じない断面を選定するために、数値解析が一つの有効な手段であることを報告するものである。ここで解析対象とした断面は、一般に長大橋で用いられることの多い、偏平六角形箱桁断面と、最近比較を行った、二箱桁断面を選択した。さらに、流れの解析結果との比較を行うために、煙風洞での流れの可視化試験を実施したので、これに関しても併せて報告することとする。

2. 流れの数値解析 ここで取り上げた断面形状は、検討段階であることから、高欄・検査車レール等の添加物を付加しない状態の基本断面とした。偏平六角形箱桁断面を図-1に、二箱桁断面を図-2に各々示す。流れの数値解析手法は、非圧縮粘性 Navier-Stokes方程式を扱う、音速法に基づく2段階陽の有限要素法^{1)・2)}である。解析領域は、偏平六角形箱桁断面の桁高を代表高さ d とし、鉛直方向に $9d$ 、水平方向に $30d$ とした。この領域内に、左端から $7.5d$ の位置に補剛桁の回転中心が来るように配置した。

迎角は、各々の断面において $\alpha = -3^\circ, +3^\circ$ の2状態計4種類である。これらの断面周りを有限要素と呼ばれる小さな三角形にて分割し、モデル化した。断面近傍では、境界層厚を考慮し、この中に2点以上節点が入るようにした。図-3に偏平六角形箱桁断面の要素分割図を示す。尚、レイノルズ数は、煙風洞での可視化試験とほぼ同様の値とすることを目標とした。具体的な値は、 $Re = 10,000$ 程度である。

境界条件は、図-3に示す区間A-Bから一様な風が吹き込むとし、区間B-C・A-Dからは境界外に流れが出ない条件とした。また、断面境界の周辺では、流速を零とした。

3. 流れの可視化 数値解析と同様の断面模型を製作し、煙風洞にて可視化試験を行った。上流側からケロシンをミスト状態にしたものを橢形ノズルを用いて吹き出した流線内に置くことにより、流れの変化を把握した。撮影は、連続光により写真撮影したものである。迎角・レイノルズ数は、数値解析と同様である。

4. 結果及び考察 両迎角での偏平六角形箱桁断面の断面近傍の数値解析結果を図-4・5に、流れの可視化結果を写真-1・2に、二箱桁断面の各々の結果を図-6・7、写真-3・4に示す。

(1). 偏平六角形箱桁断面 解析結果ならびに可視化結果共に、両迎角ともフェアリング近傍(図-1のA-B)で若干の剥離を見ることが出来る。その量は、迎角が正の方が大きくなる傾向を示している。また、後端フェアリング下部(H-G)で小さな渦を生じている。これは、迎角が負の方が大きくなる傾向にある。両者の結果より、両迎角ともに剥離は小さく、かつ後流の変動域の幅も比較的狭いようである。

(2). 二箱桁断面 解析結果ならびに可視化結果共に、中央開孔部内において渦巻状の流れが生じていることがわかる。迎角が正の時は開孔部上部から下部へ、負の場合は開孔部下部から上部へと流れが生じている。桁上での剥離は、両迎角ともほとんど確認できないが、開孔部上部付近(C)で若干膨らむ傾向を示す。また、後端フェアリング下部付近(H-G)で小さな渦を生じている。この大きさは、負の迎角の方が若干大きい傾向を示している。両者の結果より、両迎角とも剥離はほとんど確認されず、かつ後流の変動域の幅も狭く良好である。

5. まとめ 数値解析ならびに流れの可視化共に、ほぼ同様の断面の耐風特性を握ることが出来ることがわかった。初期検討段階では、数値解析のみで断面特性をほぼ把握することが可能と考えられる。今後は、断面が振動する場合に関して、数値解析ならびに流れの可視化の両面から検討する予定である。



図-1 偏平六角形断面

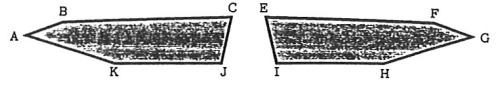


図-2 二箱桁断面

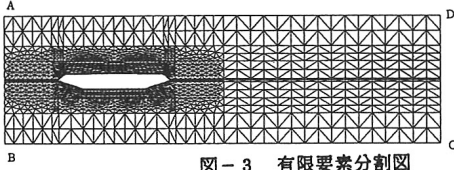
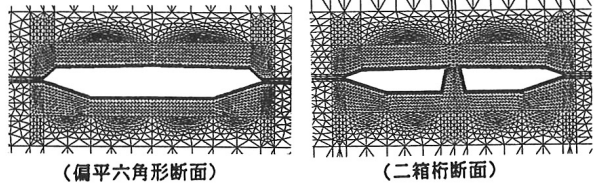


図-3 有限要素分割図



(偏平六角形断面)

(二箱桁断面)

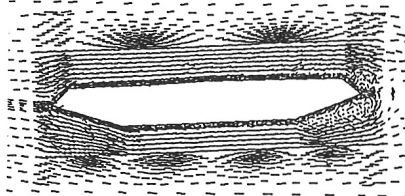


図-4 流速ベクトル図 $\alpha = -3^\circ$ (偏平六角形断面)

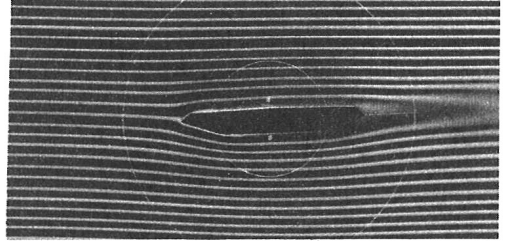


写真-1 $\alpha = -3^\circ$ (偏平六角形断面)

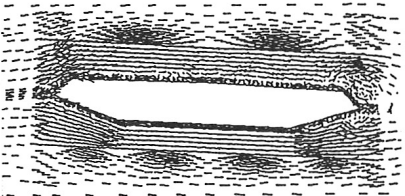


図-5 流速ベクトル図 $\alpha = +3^\circ$ (偏平六角形断面)

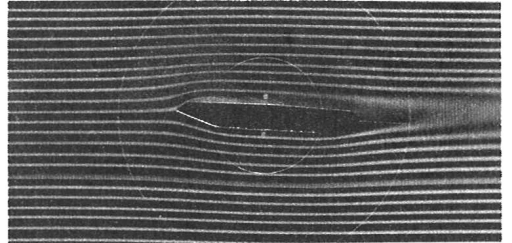


写真-2 $\alpha = +3^\circ$ (偏平六角形断面)

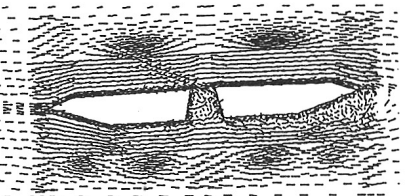


図-6 流速ベクトル図 $\alpha = -3^\circ$ (二箱桁断面)

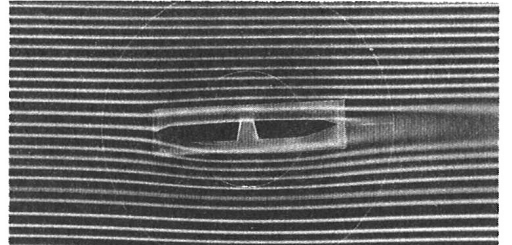


写真-3 $\alpha = -3^\circ$ (二箱桁断面)

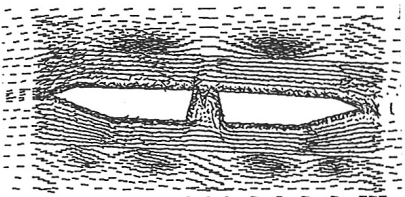


図-7 流速ベクトル図 $\alpha = +3^\circ$ (二箱桁断面)

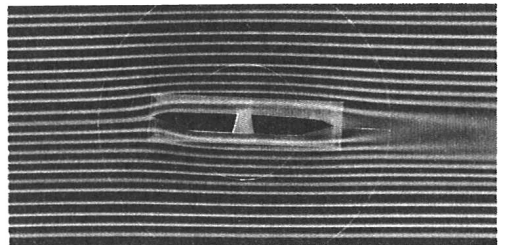


写真-4 $\alpha = +3^\circ$ (二箱桁断面)

参考文献: 1) Kawahara. M & H. Hirano: Two Step Explicit Finite Element Method for High Reynolds Number Viscous Fluid Flow, PROC. of JSCE No. 329, 1983

2) 平野: 2段階陽の有限要素法による流体解析と設計への適用, 三井造船技報, 第135号, 1988